Lane Medical Libr

Aus dem Physiologischen Institut der Universität München.
Vorstand: Professor. Dr. Ph. Broemser.

Methoden der Blutdruckmessung am Menschen.

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von

HELENE ROELOFFS
aus Hau/Cleve Rhl.

1 9 NOLTE 3 6

DISSERTATIONS-VERLAG G. H. NOLTE DÜSSELDORF

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München.

Referent: Professor Dr. Ph. Broemser.

MEINEN LIEBEN ELTERN
GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153312_0094

EINLEITUNG.

Seit die Medizin die Bedeutung des Kreislaufs für die Lebensfunktionen erkannt hat, steht die Kenntnis des Blutdrucks, vor allem desjenigen in den Arterien, im Mittelpunkt des Interesses.

Während die Bestimmung des Blutdrucks am Tier durch Einbinden von druckmessenden Instrumenten in die Gefäße verhältnismäßig leicht durchführbar erschien, stieß man bei der Blutdruckmessung am Menschen, dem man solche Eingriffe im allgemeinen nicht zumuten konnte, auf große Schwierigkeiten. Es mußten Verfahren ersonnen werden, die auf unblutige Weise die Messung der Druckhöhe gestatteten. Die meisten Methoden dieser Art verzichteten von vorneherein auf die Registrierung des zeitlichen Verlaufs der Blutdruckschwankungen und beschränkten sich auf die Feststellung des systolischen, wenn möglich auch des diastolischen Blutdrucks.

Zunächst möge eine historische Übersicht über die Entwicklung der Blutdruckmeßmethoden am Menschen folgen, in der die verschiedenen Verfahren und Apparate sowie deren Autoren kurz angeführt sind. Die genauere Beschreibung der Durchführung wird dann den Hauptteil der vorliegenden Arbeit bilden.

Historische Übersicht.

1733 Stephan Hales: Erster Blutdruckversuch am Tier.
1855 Apparate von Vierordt, Pelotten mit Gewichten belastet.
1876 Waldenburg'sche Pulsuhr.
1876 Marey: Erubescitorischer Nachweis.
1876 Marey: Vorderarm in mit Wasser gefüllter Büchse. Quecksilbermanometer. Bestimmung des Maximums der Druckoszillationen.
1880 Medifikation dieser Methode für den Finger.
1880 v. Basch: Flüssigkeitsgefüllte, dann pneumatische Pelotten, deren Verbesserung durch Potain 1889.
1889 Apparate von Hoorweg und Bloch.
1890 Mosso: Abänderung des Marey'schen Apparates für vier Finger.
1890 Potain: Pneumatische Pelotten.
1896 Hürthle: Princip des übertragenen Druckes. Vorderarm in mit Flüssigkeit gefüllter Büchse, elastisches Manometer.
1896 v. Frey: Eintauchen der Extremität in Quecksilber, bis Klopfen des Pulses gefühlt wird.
1896 Riva-Rocci: Kautschukmanschette von 4,5 cm Breite. Palpatorischer Nachweis.
1897 Hill und Barnard: 5 cm breite Manschette, Metallmanometer, oszillatorischer Nachweis.

1899 Hallion und Comte: Riva-Rocci Manschette um Vorderarm. Bestimmung des Fingervolumens.
1899 Gärtner: Fingermanschette, Erröten des vorher blutleeren Fingers als Kriterium.
Von 1900 ab: O. Frank: Theoretische Grundlagen zur Berechnung und Verbesserung der druckregistrierenden Instrumente und Sphygmographen.
1900 Hensen: Methode zur Bestimmung des diastolischen Drucks.
1901 und 1906 v. Recklinghausen: 12 cm breite Manschette. Zuerst Quecksilbermanometer, dann Federmanometer und zuletzt Fick'sches Hohlfedermanometer. Manschette zunächst mit Wasser, dann mit Luft gefüllt. Beobachtung der Manometerausschläge.
1901 Janeway: Apparat von Riva-Rocci, 12 cm breite Manschette. Sphygmographischer Nachweis.
1902 Masing: Modifikation des eben genannten Verfahrens.
1904 Sahli: 6 cm breite Manschette. Sphygmographische Kriterien.
1901 und 1904: Arbeiten von Erlanger.
1904 Strasburger: Radialispalpation auch zur Bestimmung des diastolischen Drucks.
1905 Korotkow: Akustisches Kriterium.
1906 Pal: Prinzip des entlasteten Druckes. Oszillatorischer Nachweis.
1907 Sahli: Sphygmobolometer.
1907 Turgosphygmograph von Koziczkowski.
1910 v. Benczur, 1924 Rusznyák und v. Gönczy: Prinzip der stehenden Blutsäule.
1912 Dehon, Dubus und Heitz: Kritischer Vergleich blutiger und unblutiger Druckmessungen am Menschen.
1921 Solérs Apparat.
1930 Plesch'scher Apparat.
1931 Wolff und v. Bonsdorff: Arterienpunktion.
1932 v. Bonsdorff: Unblutige absolute Sphygmogramme am Menschen.
1932 O. Frank und Wezler: Erklärung der Gefäßtöne, negative Zacke im Cubitalispuls.

In der nun anschließenden genaueren Beschreibung der verschiedenen Blutdruckmeßverfahren erscheint es am zweckmäßigsten, nicht dem geschichtlichen Gang der Entwicklung zu folgen, sondern die Einteilung nach methodischen Gesichtspunkten vorzunehmen. So ergeben sich zunächst zwei Hauptabschnitte:

I. die unblutigen und
II. die blutigen Methoden.

Die verschiedensten Wege wurden bei der unblutigen Blutdruckbestimmung eingeschlagen. Nach folgenden Prinzipien soll die Einteilung vorgenommen werden:

1. *Vollständiger Arterienverschluß.*
2. *Entspannung der Arterie.*

3. *Erzeugung einer stehenden Blutsäule.*
4. *Absolute Sphygmogramme.*

I. UNBLUTIGE METHODEN.

Bestimmung des systolischen Blutdrucks.

1. Vollständiger Arterienverschluß.

Das Prinzip, welches allen unter diesen Abschnitt fallenden Methoden zugrunde liegt, ist, an irgend einer Stelle von außen her durch Haut und Weichteile hindurch auf die Arterie einen veränderlichen Druck auszuüben und festzustellen, durch welchen Außendruck die Arterie verschlossen wird. Die ersten Forscher, die diese Methode anwandten, waren der Ansicht, daß der die Arterie gerade eben komprimierende Druck ohne weiteres dem systolischen Druck gleichzusetzen sei.

So belastete Vierordt schon 1855 eine auf die Arteria radialis gesetzte Pelotte mit Gewichten und stellte fest, bei welcher Belastung der Radialispuls unterdrückt wurde. Ähnliche Einrichtungen waren die Waldenburg'sche Pulsuhr und die Apparate von Hoorweg und Bloch. Der große Nachteil dieser Methode war der, daß man bestenfalls nur die Kraft und nicht den Druck kannte, der auf die Arterie einwirkte. So mußte man die Kraft erst durch Berücksichtigung der mutmaßlichen Größe der Fläche des gedrückten Arterienstückes in Druck umrechnen, ein Verfahren, dessen Ungenauigkeit wohl nicht besonders betont zu werden braucht. V. Basch führte daher hydraulische und pneumatische Pelotten ein, die mit einem Quecksilber- und später mit einem Metallmanometer verbunden wurden, und in deren Innerem durch eine geeignete Vorrichtung der Druck beliebig erhöht und erniedrigt wurde. Während die v. Basch'schen Pelotten 1½—2 cm Durchmesser hatten, gab Sahli dann solche mit 3,2 cm Durchmesser an.

Die Pelottenmethoden traten jedoch rasch an Bedeutung zurück hinter den Manschettenmethoden, bei welchen eine schlauchförmige, mit Luft oder Wasser gefüllte, innen elastische, außen undehnbare Manschette um das betreffende Glied, meistens den Arm, gelegt wurde. Durch ein Gebläse konnte der Druck in der Manschette erhöht werden. Zur Feststellung des im Innern der Manschette herrschenden Druckes wurde diese mit einem Manometer verbunden. So konnte festgestellt werden, bei welchem Manschettendruck die Arterie gerade eben ganz komprimiert wurde.

Während man sich über den Wert der Manschette an sich wohl sehr bald im Klaren war, so konnte man sich über deren optimale Breite lange nicht einigen. Riva-Rocci gab eine solche von 4,5 cm, v. Recklinghausen von 13 cm und Sahli von 8 cm an.

Eine eingehende Besprechung erfordern nunmehr die Kriterien, die man ausfindig machte, um festzustellen, wann die Arterie offen

und wann sie komprimiert sei. Riva-Rocci palpierte die peripher von der Oberaummanschette liegende Arteria radialis: Bei Vorhandensein von Radialispulsationen nahm er an, daß die Oberarmarterie noch nicht komprimiert, der Manschettendruck also noch nicht gleich dem systolischen Blutdruck sei. In dem Augenblick, in welchem bei steigendem Manschettendruck der Radialispuls eben erlosch, las er am Manometer den Manschetteninnendruck ab und setzte diesen gleich dem systolischen Blutdruck. Fast genau dieselben Werte ergaben sich, wenn man bei sinkendem Manschettendruck das erste Auftreten der Radialispulsationen feststellte. Nach der Meinung von Hensen sollte es besser sein, statt der Arteria radialis die cubitalis zu palpieren.

Eine Objektivierung dieser Methoden stellt der sphygmographische Nachweis dar, den unabhängig von einander etwa zur gleichen Zeit Janeway, Masing und Sahli angaben. Peripher von der komprimierenden Manschette wurde eine pulsregistrierende Einrichtung an die Arterie angelegt und von der die Messung ausführenden Person zugleich mit dem Manometer beobachtet. Meistens wurde zur Pulsregistrierung Rußschreibung benutzt.

Bald kam man darauf, gleichzeitig noch den Manschetteninnendruck zu registrieren, wozu man zunächst eine Marey'sche Kapsel benutzte.

Bingel und Stursberg ließen das an die Manschette angeschlossene Quecksilbermanometer in den verschiedenen Druckstufen elektrische Kontakte schließen, wodurch dann durch eine elektromagnetische Einrichtung auf dem Rußkymographion der Manschettendruck aufgezeichnet wurde.

Nachdem die optische Registrierung aufgekommen war, machte man sie sich auch zur besseren Ausgestaltung des sphygmographischen Nachweises zu Nutze; insbesondere die Frank'sche Segmentkapsel ist hier zu erwähnen, mit der die Radialissphygmogramme aufgezeichnet werden konnten. Mit Hilfe optischer Manometer wurde dann gleichzeitig der Manschetteninnendruck registriert.

Eine große Bedeutung haben die an der Arteria cubitalis während der Blutdruckmessung auftretenden Geräusche gewonnen, die von Korotkow entdeckt wurden. Legt man ein Stethoskop in der Ellenbeuge auf die Arteria cubitalis, so hört man, wenn sich der Manschettendruck zwischen systolischem und diastolischem Druck befindet, ein bald dumpf klopfendes, bald mehr blasendes Geräusch, welches sofort verschwindet, wenn der Manschettendruck über den systolischen Blutdruck gestiegen ist. An der normalen und unkomprimierten Arterie läßt sich hingegen das Geräusch nicht feststellen. Da jedoch die Wichtigkeit dieses Phänomens hauptsächlich in seiner Bedeutung für die Bestimmung des diastolischen Blutdrucks besteht, sei es an anderer Stelle genauer beschrieben.

Ein weiteres Kriterium für Offen- oder Verschlossensein der komprimierten Arterie bildet der plethysmographische Nachweis. Die

Volumänderungen des peripher von der Kompressionsstelle liegenden Extremitätenteiles wurden hierbei beobachtet.

Hallion und Comte schlossen einen Finger in einen Plethysmographen ein. Durch Druckerhöhung in der Oberarmmanschette wurde zunächst nur eine venöse Stauung hervorgerufen, welche eine Volumvergrößerung des betreffenden Fingers zur Folge hatte. Diese Volumvergrößerung nahm mit steigendem Manschettendruck solange zu, bis die Oberarmarterie komprimiert war. Alsdann konnte, da kein weiteres Blut mehr zufloß, eine Erhöhung des Manschettendruckes keine Vergrößerung des Fingervolumens mehr hervorrufen.

Auf demselben Prinzip beruht das Verfahren von De Vries Reilingh, bei welchem die Volumänderungen der ganzen Hand auf einen in der Faust gehaltenen Gummiballon übertragen werden und von da auf die registrierende Einrichtung. Damit die Hand nach außen nicht ausweichen kann, wird sie vor dem Versuch stark mit Binden umwickelt. Uhlenbruck wandte ein entsprechendes Verfahren an, indem er den ganzen Vorderarm in einen Plethysmographen einschloß.

Von anderen Gedanken gingen die Autoren aus, die den sogenannten kapillaroskopischen Nachweis erfanden. Lombard und Weiß beobachteten mit dem Mikroskop die Blutströmung in den Kapillaren des Nagelfalzes. Nach Weiß und Jürgensen soll bei sinkendem Manschettendruck die Kapillarströmung dann einsetzen, wenn sich der Druck in der Manschette wenige Millimeter über dem nach der palpatorischen Methode bestimmten systolischen Blutdruck befindet. Diese Behauptung wurde von mehreren anderen Forschern nachgeprüft, wobei sich zum Teil ganz widersprechende Ergebnisse herausstellten.

Gärtner und Sahli erfanden den sogenannten erubeszitorischen Nachweis. Gärtner beobachtete bei einem Finger, der vorher blutleer gemacht und um den eine kleine ringförmige Manschette gelegt wurde, bei sinkendem Manschettendruck peripher die Erubeszenz. Sahli schloß den Arm in einem Plethysmographen aus Glas ein und stellte oberhalb eines gewissen Plethysmographendruckes Erblassen, unterhalb desselben Erröten fest.

2. Das Prinzip der entspannten Arterie.

Von ganz anderen Gesichtspunkten gehen diejenigen Verfahren aus, bei denen das Prinzip der entspannten Arterie zur Blutdruckmessung benutzt wird und denen folgende Überlegungen zugrunde liegen: Der Dehnungszustand einer Arterienwand entspricht in jedem Augenblick der Differenz zwischen Innen- und Außendruck. Normalerweise ist der Innendruck durch den zwischen systolischen und diastolischen Werten schwankenden Blutdruck gegeben, der Außendruck im wesentlichen durch den atmosphärischen Luftdruck. Wird nun dieser Außendruck durch irgendeine Vorrichtung erhöht, so vermindert sich die Differenz zwischen Innen- und Außen-

druck, und die Arterienwand muß infolgedessen weniger gedehnt sein.

Befindet sich nun der Außendruck auf einem Wert, der zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck liegt, so wird der systolische Druck zwar imstande sein, die Arterie offen zu halten, bei diastolischem Druck jedoch wird die Arterie verschlossen bleiben. Während einer Pulsperiode wird die Arterienwand also die verschiedensten Dehnungsgrade durchlaufen, und das Volumen der Arterie wird in diesem Falle viel größeren Schwankungen unterliegen als normalerweise. Gelingt es also, die Größe der Volumschwankung zu messen, so haben wir die Möglichkeit, zu erkennen, ob sich ein bestimmter Außendruck z w i s c h e n systolischem und diastolischem Blutdruck, ü b e r dem systolischen oder u n t e r dem diastolischen Druck befindet.

Grundlegend hierfür sind die Versuche von Marey, der auf plethysmographischem Wege an das Problem heranging. Er schloß unter guter Abdichtung den Arm der Versuchsperson in einen Plethysmographen ein und füllte diesen mit Wasser. Durch Heben oder Senken eines kommunizierenden Wasserbehälters konnte in dem Plethysmographen ein beliebiger Druck hergestellt werden, der an einem gleichfalls angeschlossenen Quecksilbermanometer abzulesen war. Druckänderungen in dem Plethysmographen wurden durch eine mit ihm verbundene Registrierkapsel auf ein Rußkymographion aufgezeichnet.

Marey beobachtete, daß bei niederem Plethysmographendruck die Exkursionen des Registrierhebels zunächst klein waren, bei steigendem Druck größer und dann plötzlich wieder kleiner wurden. Im Prinzip dieselben Versuche führte Marey auch an einem Finger, Mosso an 4 Fingern durch. Anfänglich glaubte man, daß der beim Maximum der Oszillationen abgelesene Druck dem systolischen Blutdruck gleichzusetzen sei, eine Ansicht, die heute als sicher falsch gilt und über die später noch Näheres berichtet werden soll.

Hürthle modifizierte dieses plethysmographische Verfahren nach dem sogenannten Prinzip des übertragenen Druckes und glaubte dadurch eine fortlaufende Registrierung des Blutdrucks ermöglichen zu können. Durch sorgfältiges Umwickeln machte er den Vorderarm der Versuchsperson blutleer, schnürte ihn oben ab, sodaß er sich nach Abnehmen der Umwicklung nicht wieder mit Blut füllen konnte und dichtete ihn in einen gläsernen Plethysmographen ein, den er mit Wasser füllte und mit einem elastischen Manometer verband. Nach Beendigung dieser Vorbereitungen gab er dann die Armabschnürung frei, sodaß das Blut in den Arm einströmen konnte. Dadurch mußte sich nach der Annahme Hürthle's der Druck im Plethysmographen so stark erhöhen, daß die Arterienwand vollständig entspannt blieb, sodaß sich der Blutdruck mit allen seinen Schwankungen ohne Entstellung auf den Plethysmographeninhalt und damit auf das Manometer übertrug. In Wirklichkeit waren jedoch in diesem ganzen System so viele Faktoren mit niederem Elastizitätsmodul, besonders

die Eindichtungsstelle des Arms und das elastische Manometer, daß der Apparat die nötige Starrheit oder Isometrie" nicht besaß. So konnte sich der Druck durch das Einschießen des Blutes nicht genügend erhöhen, da die Flüssigkeit auswich, und die Arterienwand wurde entgegen der Ansicht Hürthle's doch angespannt. Auch waren die praktischen Schwierigkeiten des Verfahrens sehr groß, besonders die Technik der Abdichtung und die luftblasenfreie Füllung des Plethysmographen.

Der Vollständigkeit halber sei noch die Koch- und Simon'sche Methode erwähnt. Die blutleer gemachte Hand, welche einen wassergefüllten, mit einem Membranmanometer verbundenen Ballon umschloß, wurde eingegipst. Bei nunmehr einströmendem Blut sollte dasselbe erfolgen wie bei der eben beschriebenen Hürthle'schen Methode, wo das Manometer angeblich den Blutdruck anzeigte. Die Nachteile dieser Methode sind sofort einzusehen. Außer der Schwierigkeit der Technik ist die Unmöglichkeit einer Eichung besonders hervorzuheben.

Von untergeordneter Bedeutung dürften wohl die Pelottenmethoden sein. Hill und Barnard setzten eine hydraulische Pelotte unter wechselndem Druck auf die Arteria radialis und beobachteten die Oszillationen an einer mit der Pelotte verbundenen kapillaren Flüssigkeitssäule. Baillard bediente sich einer Bier'schen Saugglocke, die er mit einer Gummimembran abschloß, mit Gebläse und Manometer verband und auf die Arteria temporalis aufsetzte. Bei bestimmten Drucken in der Glocke stellte er Oszillationen des Manometers fest. Stillmark gar verwendete an einem langen Hebelarm eine starre Pelotte, welche er mit Gewichten belastete und auf die Arteria radialis aufsetzte, deren Pulsationen sich dem Hebelsystem mitteilten. Eine Kritik dieses Verfahrens ist wohl überflüssig.

Weitaus die größte Beachtung verdienen die oszillographischen Manschettenmethoden, als deren Urheber v. Recklinghausen genannt werden kann. Er gab zuerst eine hydraulische, dann aber eine pneumatische Oberarmmanschette an, die mit einem Manometer und einer Registriervorrichtung für Druck- und Volumschwankungen verbunden war. Andere Autoren bevorzugten Manschetten an anderen Teilen des Armes, so Engelen am Vorderarm, Pachon am Handgelenk. Da man allgemein der Ansicht war, daß infolge der Anprallwellen zu hohe Drucke gemessen wurden, wurde vorgeschlagen die Manschette zu teilen, wobei der zentral gelegene Teil zum Abfangen der Anprallwellen bestimmt sein sollte, der peripher liegende zur Registrierung der Volumschwankungen der Arterie. In beiden Manschettenteilen mußte natürlich jeweils derselbe Druck hergestellt werden, jedoch nur der periphere durfte mit dem Registrierinstrument verbunden sein. Einrichtungen dieser Art stammen von Vybaum, Amblard, Groedel, Gallavardin. Anfänglich wurde sowohl zur Druckmessung in der Manschette als auch zur Registrierung der Oszillationen ein Quecksilbermanometer benutzt, doch stellte sich

bald heraus, daß es für die letztgenannte Aufgabe zu träge und zu unempfindlich war.

So sah man sich gezwungen, elastische Manometer zu verwenden. Hill und Barnard konstruierten 1897 ein Hebelmanometer; v. Recklinghausen baute seinen Tonographen. Andere Autoren benutzten Marey'sche Kapseln oder konstruierten ebenfalls elastische Manometer. Hierher gehört auch Solér's Apparat, bei dem die Druckschwankungen des Manschetteninneren auf ein durch eine Feder ausbalanciertes Diaphragma übertragen werden. Eine möglichst „isotonisch" arbeitende Einrichtung erfand Pal in seinem Sphygmoskop, in dem er das Prinzip des „entlasteten Druckes" anwendete. Der Manschetteninnenraum steht in Verbindung mit einer Kapillarröhre, in der ein gefärbter Petroleumtropfen eingeschlossen ist. Gibt man nun mit einem Gebläse Druck in die Manschette, so wirkt dieser mittels eines mit einem Hahn versehenen Umgehungsrohres auch auf die andere Seite der Kapillare ein. Schließt man nach Erreichung eines bestimmten Druckes den Hahn, so kann man die Oszillationen des Manschettenvolumens an dem Hin- und Hergehen des gefärbten Tropfens beobachten. Talentoni baute diesen Apparat für optische Registrierung um. Nach Frank eignet sich jedoch am besten für die optische Registrierung eine Differentialmanometerkapsel mit Glasfenster, die mit einer Gummimembran von zweckmäßiger Dicke versehen ist. Entsprechend dem Pal'schen Sphygmoskop sorgt man dafür, daß auch hier zu beiden Seiten der Membran zunächst derselbe Druck herrscht, dann jedoch läßt man nur den Raum diesseits der Membran mit der Manschette in Verbindung, während der peripher abgesperrt wird. So kann man bei den verschiedensten Drucken die Pulsationen der Arterie registrieren.

Hierher gehört auch der Apparat von Plesch, bei dem ein den Manschetteninnnendruck messendes elastisches Manometer durch seinen Ausschlag eine mit einer Papierskala versehene Scheibe dreht. Ein ebenfalls mit dem Manschetteninnern kommunizierendes hochempfindliches Metallmanometer schreibt radial auf der Papierskala die Manschettenoszillationen auf. Die beiden Manometer sind gemeinsam in ein- und derselben Druckkammer eingeschlossen, außerdem steht das hochempfindliche Manometer durch eine kapillare Öffnung mit der Luft der Druckkammer in Verbindung. Stellt man nun durch ein Gebläse in der Kammer einen bestimmten Druck her, so erstreckt sich dieser auch durch die kapillare Verbindung hindurch auf die Manschette und das hochempfindliche Manometer, welch letzteres also dann innen und außen von demselben Druck umgeben ist und keinen Ausschlag macht. Treten jedoch Pulsationen in der Manschette auf, so veranlassen diese, da die Luft durch die Kapillare so schnell nicht ausweichen kann, nur einen Ausschlag des hochempfindlichen Manometers. Die Handhabung des Apparates geht folgendermaßen vor sich: Der Manschetten- und Kammerdruck wird auf einen übersystolischen Wert gebracht, sodann läßt man durch ein an der Kammer befindliches Ventil die Luft langsam entweichen, wo-

durch die Scheibe in Drehbewegung versetzt und gleichzeitig auf ihr etwa vorhandene Manschettenoszillationen aufgezeichnet werden. Da jeder Drehstellung der Skala ein bestimmter Druck entspricht, kann man später an dem so entstandenen „Tonoszillogramm" für jeden Druck die Größe der zugehörigen Pulse registriert finden. Über die Auswertung dieser Kurven waren die Ansichten sehr geteilt. Plesch selbst glaubte, daraus nicht nur den absoluten systolischen und diastolischen Blutdruck, sondern auch den zur Überwindung der Arterienwandspannung erforderlichen Druck, sowie aus der Dikrotie den sogenannten „effektiven Nutzdruck" der Herzleistung entnehmen zu können.

Weiterhin sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von v. Recklinghausen zu erwähnen, in welchem nicht nur die Größe der Manschettenoszillationen bei den verschiedenen Drucken, sondern auch deren Form als wichtig erachtet wurde. V. Recklinghausen beobachtete, daß in den Bereichen, in denen die Oszillationen groß waren, die Manschettenpulse und ihre Bewegungen hüpfend und ruckweise wurden. Er war der Ansicht, daß zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck die jeweils über dem Manschettendruck liegenden Teile der Pulskurve den wahren Druckverlauf in der Arterie wiedergäben, und daß man nur die bei unterdiastolischem Manschettendruck registrierten Oszillationen in ihren Ordinaten darnach entsprechend zu vergrößern brauche, um den absoluten Druckablauf in der Arterie konstruieren zu können. Außerdem maß er vielen Formbesonderheiten der Oszillationen bei den verschiedenen Manschettendrucken große Bedeutung bei; doch wäre es zu weitläufig, darauf im einzelnen einzugehen. Bei Registrierung der Oszillationen mit einem nicht entlasteten Manometer mußte natürlich die Kurve bei steigendem Manschettendruck ebenfalls dauernd steigen. V. Recklinghausen nannte diese Erscheinung „Treppenkurve". Er vermied diese „Treppenwirkung" in seinem „Grypotonographen", der ähnlich dem Plesch'schen Tonoszillographen konstruiert ist.

A. Müller baute einen möglichst isotonisch arbeitenden Oszillographen, der die Volumausschläge der Manschette registrierte. Er multiplizierte diese mit dem jeweiligen Manschettendruck und erhielt so eine „energometrische" Kurve, an deren Knickpunkten er die verschiedenen Blutdruckwerte feststellen zu können glaubte; insbesondere war er der Ansicht mit dieser Methode die durch die kinetische Energie des anprallenden Blutes hervorgerufene Überhöhung des systolischen Druckes messen zu können.

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Verfahren von v. Frey erwähnt, bei welchem eine Extremität in Quecksilber getaucht wird, bis Klopfsensationen auftreten. Aus der Eintauchtiefe soll dann der Blutdruck ermittelt werden. Diese Methode ist schon deswegen unzuverlässig, weil sie sich auf das subjektive Empfinden und die Angaben der Versuchsperson stützt und hat deswegen keine große Bedeutung erlangt.

3. Das Prinzip der stehenden Blutsäule.

Die Methoden, die sich auf dieses Prinzip gründen, gehen auf eine Beobachtung von Benczúr zurück, welcher feststellte, daß der nach dem Gärtner'schen Verfahren gemessene Blutdruckwert sich nur wenig ändert, wenn man auf den Oberarm einen dem systolischen Blutdruck entsprechenden Manschettendruck wirken läßt. Er schloß daraus, daß durch die Oberarmkompression zwar die Arterie so entspannt wird, daß sich die Pulswelle nicht mehr fortpflanzt, daß jedoch dadurch die Blutströmung selbst nicht aufgehoben, sondern nur der Strömungswiderstand gegenüber der Norm beträchlich erhöht und der pulsierende in einen kontinuierlichen Blutstrom verwandelt wird. Andere ungarische Autoren, wie Ruscinyák und Gönzcy beschäftigten sich weiter mit diesem Problem. Sie bestimmten nach Riva-Rocci und auch nach Gärtner den systolischen Blutdruck, pumpten die Oberarmmanschette auf diesen Druck auf und sahen den hierauf nach Gärtner gefundenen Druck als den systolischen Aortendruck an. Sie waren der Meinung, daß von der Abgangsstelle der Subclavia aus der Aorta, durch Oberarm-, Unterarm- und Fingerarterien hindurch, infolge des von ihnen angewandten Verfahrens eine stehende Blutsäule hergestellt sei. Weiterhin fanden dann von Zaarday und von Razgar, daß derselbe Druck wie in den Arterien auch in den Kapillaren und Venen des abgedrosselten Armes vorhanden war. Sie bestimmten den Venendruck durch in die Venen eingeführte Kanülen, die sie mit einem Quecksilbermanometer verbanden, und stützten ihre Befunde auch durch Tierversuche. Außer ihnen beschäftigten sich Hill, Flack und De Vries Reilingh mit dem Problem, wobei letzterer die Folgerung zog, daß man auch auf unblutige Art den Venendruck bestimmen können müsse. Er bediente sich zu diesem Zweck eines plethysmographischen Verfahrens: Er schloß den Arm in einen Plethysmographen ein, komprimierte den Oberarm durch eine Manschette, die er zunächst auf etwas übersystolischen Druck aufpumpte, und wartete ab, bis das Volumen des Arms, das durch venöse Stauung zunächst zunahm, sich nicht mehr vergrößerte. Dann erniedrigte er stetig und langsam den Manschettendruck, bis das Armvolumen gerade eben abzunehmen begann. Da sich in diesem Augenblick, so schloß er, der Veneninhalt gegen den Manschettendruck entleeren konnte, mußte der gerade herrschende Manschettendruck eben niedriger sein, als der Venendruck. So glaubte er, den in der stehenden Blutsäule herrschenden Druck und damit den systolischen Aortendruck zu kennen. Die Differenz des so gefundenen Druckes gegenüber dem entsprechenden Riva-Rocci-Wert hielt er für den zur Überwindung der Arterienwandspannung notwendigen Druck. Er fand, daß diese Differenz bei den mit Schwäche und Kachexie einhergehenden Krankheiten sehr klein, bei Aorteninsuffizienz, Nephritis und essentieller Hypertonie dagegen groß war und normalerweise im Durchschnitt 19 mm Quecksilber betrug. Die obengenannten ungarischen Autoren indessen

waren der Ansicht, daß die Differenz von der „kinetischen Energie der Pulsbewegung" stamme.

Bestimmung des diastolischen Druckes.

Zu der Bestimmung des diastolischen Druckes wurden ebenfalls eine Menge von Methoden ersonnen, die zum Teil denjenigen zur Bestimmung des systolischen Druckes ähnlich sind. Aus historischen Gründen sei zunächst die Methode von Hensen erwähnt, die von der Annahme ausgeht, daß in beiden Armen derselbe Blutdruck herrsche. Hensen legte an die Arteria radialis der einen Hand einen Sphygmographen an, an den anderen Arm ein Riva-Rocci'sches Sphygmomanometer, bestimmte den systolischen Blutdruck nach Riva-Rocci und nahm den normalen Puls auf. Dann erhöhte er künstlich, z. B. durch Aortenkompression, den Blutdruck der Versuchsperson, bestimmte auch diesen und registrierte nochmals den Radialispuls. So erhielt er zwei Sphygmogramme bei verschieden hohen bekannten Drucken. Indem er nun in den Pulsbildern die jeweils größten Ordinaten gleich den von ihm bestimmten systolischen Drucken setzte, glaubte er, die Sphygmogramme geeicht zu haben und auf diese Weise den diastolischen Druck errechnen zu können. Er beging jedoch den großen Fehler zu glauben, daß die Ordinaten seiner Sphygmogramme den jeweiligen Drucken proportional seien, weshalb seine Methode sich nicht durchsetzen konnte.

In den Jahren 1901—1904 wurden von Janeway, Masing und Sahli sphygmographische Methoden zur Bestimmung des diastolischen Druckes angegeben, die darin bestanden, daß der mit einer Manschette umgebene Oberarm durch die verschiedensten Drucke komprimiert und gleichzeitig an demselben Arm der Puls der Arteria radialis registriert wurde. Bei steigendem Manschettendruck blieben die Radialispulse zunächst unverändert, bis die Ausschläge plötzlich kleiner wurden. In diesem Augenblick, so meinten die Autoren, sollte der Manschettendruck gleich dem diastolischen Blutdruck sein. Da dies mit Recht bezweifelt werden kann, wurde auch diese Methode bald verlassen.

Noch bedenklicher ist das Verfahren von Strasburger, der, statt wie eben geschildert, den Sphygmographen an die Arteria radialis anzulegen, das Kleinerwerden der Radialispulsationen nur durch Palpation feststellte.

Weit mehr Sicherheit bietet dagegen die, wenn auch subjektive, Methode von Ehret. Er palpierte bei steigendem Manschettendruck die Arteria cubitalis und fand, daß bei Überschreitung eines Druckes, den er als den diastolischen ansah, die Cubitalispulsationen plötzlich hart und springend wurden.

Größter Beliebtheit erfreut sich heute allgemein der auskultatorische Nachweis nach Korotkow, von dem schon bei der Besprechung der Methoden zur Bestimmung des systolischen Druckes kurz die

Rede war; wenn der Manschettendruck, auf übersystolischen Wert gebracht, langsam absinkt, so hört man über der Arteria cubitalis nacheinander verschiedene Arten von Geräuschen, zunächst die sogenannte Phase 1, das sind kurze, leise Töne; dann, wenn der Manschettendruck weiter sinkt, laute stenoseartige Geräusche (Phase 2), darauf deutlich tympanitische Töne (Phase 3) und endlich leise und dumpfe Phänomene (Phase 4). Bei noch niedrigerem Manschettendruck verschwinden diese Tonerscheinungen. Bickel gab dafür folgende Erklärung: Die normale Arterie tönt nicht, weil ihre Wandexkursionen beim Durchlaufen der Pulswelle zu gering sind. Phase 1 ensteht durch Einschießen des Blutes in die entspannte, schlaffe Arterie, wodurch ausgiebige Wandbewegungen hervorgerufen werden. Noch kräftiger werden diese bei Phase 2 und 3 und wieder kleiner bei Phase 4. Nach Bickel, Strasburger und Straub liegt der diastolische Blutdruck an der unteren Grenze des Tonmaximums, nach Korotkow, Fischer und Ettinger an der unteren Grenze der Tonwahrnehmungen überhaupt.

Auf Grund seiner tonoszillographischen Befunde kam Plesch zu der Ansicht, daß das erste, gerade eben untersystolische Auftreten des Geräusches dem systolischen Druck plus der Arterienwandspannung entspräche. („Totalmaximum".) Der wahre systolische Druck liege beim ersten reinen Ton. Als „Totalminimum" bezeichnete er den Druck, der bei Aufhören der lauten Töne in der Manschette vorhanden ist und setzte ihn = diastolischem Druck + Wandspannung. Der eigentliche diastolische Druck ist nach Plesch erst bei völligem Aufhören der Geräusche abzulesen.

Frank und Wezler wiesen nach, daß die Ursache der Schallerscheinungen Schwingungen der Arterienwand von einer Frequenz von über 20/sec sind; sie konnten dies durch ihre Sphygmogramme belegen. Näheres hierüber wird bei der Kritik der Methoden zu berichten sein.

Schon seit längerer Zeit konnte man feststellen, daß bei Anwendung der Korotkow'schen Methode die eben beschriebenen Geräusche im Bereich zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck manchmal bei einem bestimmten Druck aussetzen, um bei einem anderen wieder zu erscheinen. Diese „stummen Zonen" fallen hauptsächlich in das Gebiet der Phase 2 und 3, und sind von Gibson als „silent gaps" von Laubry und van Bogaert als „trous auscultatoires", außerdem von Mudd und White beschrieben. Sie finden sich hauptsächlich bei Kranken mit Hypertonie, Arteriosclerose und Thyreotoxikose, sind jedoch bisweilen sogar bei derselben Versuchsperson nicht immer konstant anzutreffen. Über ihre Ursache ist bis jetzt Genaueres nicht bekannt.

Wie bei der Bestimmung des systolischen, so ist auch bei der des diastolischen Druckes der oszillographische Nachweis eines der modernsten Verfahren. Die Manschettenoszillationen sind, wie schon beschrieben, unterhalb des diastolischen Druckes sehr klein und oberhalb des systolischen Druckes, da höchstens durch Anprallwellen

hervorgerufen, ebenfalls minimal oder garnicht vorhanden, dagegen im Bereich zwischen systolischem und diastolischem Druck sehr groß, da hier die Arterie ihre größten Exkursionen ausführt. Der Übergang zwischen den großen, eben noch überdiastolischen, und den kleinen unterdiastolischen Pulsationen ist meist sehr deutlich.

Sahli behauptete, daß alle nach den eben genannten Methoden bestimmten diastolischen Drucke zu hoch seien, daß nur seine Radialispelotte in Verbindung mit seinem „trägheitsfreien Indexmanometer" die richtigen Werte ergäbe. Dies sei der Vollständigkeit halber noch beigefügt. Ebenso sei noch darauf hingewiesen, daß nach französischen Autoren, wie May und Pachon, die Feststellung des sogenannten „mittleren dynamischen Drucks" („la pression efficace oder moyenne") bedeutend wichtiger sei, als die des systolischen und diastolischen Druckes. Sie verstanden darunter nicht etwa den arithmetischen Mittelwert zwischen Minimal- und Maximaldruck, sondern denjenigen Druck, der konstant wirken mußte, um das Blut mit derselben durchschnittlichen Geschwindigkeit durch die Gefäße hindurchzutreiben, wie es der in Wirklichkeit vorhandene pulsierende Blutdruck vermag.

4. Absolute Sphygmogramme.

Nun müssen noch die Methoden der sogenannten absoluten Sphygmogramme beschrieben werden, deren Verwirklichung von jeher das Ziel vieler Forscher war. Es wurden damit Pulskurven erstrebt, die mit bekannten, dem Blutdruck proportionalen Ordinaten den genauen Verlauf der Druckschwankung wiedergaben und auf unblutige Art zu gewinnen waren.

Sahli gewann solche Kurven konstruktiv, erreichte jedoch nur eine schematische Darstellung in Form von dreieckigen Pulsbildern. Auch v. Recklinghausen beschäftigte sich mit diesem Problem und vermeinte aus seinen Treppenkurven amplitudengetreu den Druckverlauf konstruieren zu können. Hürthle versuchte auf Grund des Prinzips der entspannten Arterie Druckschwankungen im Vorderarm, den er in einen Plethysmographen einschloß, direkt zu registrieren. Er glaubte, daß die Arterienwand so entspannt sei, daß in ihr elastische Kräfte überhaupt nicht geweckt würden.

Eine Vervollkommnung dieser Methode erstrebte v. Bonsdorff, der es vor allem darauf absah, das gesamte System, bestehend aus dem eingeschlossenen Gliede, der Flüssigkeit, dem Manometer und den Verbindungsröhren praktisch unendlich starr arbeiten zu lassen. Nach den Frank'schen Grundsätzen wollte er erreichen, daß die Schwingungszahl des Systems möglichst hoch sein sollte. An dem Hürthle'schen Apparat tadelte er, daß er nicht „isometrisch" genug arbeite, sodaß durch Weichteilverdrängung, Ausbauchung der Manometermembran, Nachgeben der Verbindungsteile usw. soviel Volumen frei würde, daß die Arterienwand doch wieder gedehnt und

dadurch ein Teil des Blutdrucks infolge deren elastischer Gegenkräfte sich nicht auf den Plethysmographeninhalt übertragen und damit auch nicht vom Manometer registriert werden könne. Durch die weiter unten beschriebenen Anordnungen glaubte er erreichen zu können, daß der Elastizitätsmodul der Arterienwand gleich Null und somit die Gesamtempfindlichkeit des Systems gleich derjenigen des Manometers würde. Nach seiner eigenen Schilderung gelangte v. Bonsdorff nur mit seinen für die Finger konstruierten Apparaten zu Erfolgen. Er führte dies hauptsächlich darauf zurück, daß die Finger so wenig Weichteile enthalten. Er verwendete zunächst eine Vorrichtung für zwei, dann für vier und schließlich für einen Finger, die alle nach folgendem Prinzip erdacht waren: Die Finger wurden in starrwandige Glasröhren eingeschlossen und mit einem eigens dafür zusammengestellten Spezialkitt abgedichtet, wobei streng darauf geachtet wurde, daß keine Abschnürung der Venen eintrat. Vorne an dem Glasgefäß befand sich ein Broemser'sches Glasplattenmanometer, dessen Ausschläge mittels eines Photokymographions optisch registriert wurden. Zu Beginn jedes Versuches wurde das System durch geeignete Hähne luftblasenfrei mit Wasser gefüllt und dann durch eine geeichte Spritze weiterhin Wasser zugegeben, sodaß der Druck stieg und das Blut aus Arterien und Venen der eingeschlossenen Finger ausgepreßt zu werden begann. Mit zunehmender Entspannung der Arterienwand fing das Manometer an, mit immer größeren Amplituden und auf immer höheren Druckniveaus arterielle Pulse zu registrieren, bis der Moment eintrat, in welches bei weiterer Wasserzugabe zunächst keine Steigerung des aufgezeichneten Druckes mehr zu beobachten war. Bei Vorhandensein dieses „Plateaus" glaubte v. Bonsdorff, daß die Arterienwand völlig entspannt sei und die registrierten Pulse in Druckhöhe und Amplitude genau dem arteriellen Druckablauf entsprächen. Führte er dem System noch mehr Wasser zu, so wurden die vorher maximalen Amplituden plötzlich wieder kleiner. Nach v. Bonsdorff war die Starrheit des so geschaffenen Registriersystems infolge der sorgfältigen Einkittung, des hohen Volumelastizitätsmoduls des Manometers und der Verwendung von nur starren Verbindungsstücken so groß, daß im Bereich des Plateaus die Arterienwand niemals zur Ausdehnung kam. Daher nannte der Autor seine auf diese Art gewonnenen Kurven absolute Sphygmogramme. Er beschäftigte sich außerdem noch damit, ähnliche Einrichtungen für Arterien anderer Körpergegenden zu schaffen, konstruierte einen Oberarmplethysmographen sowie eine Temporalis- und Cubitalispelotte, doch kam er hiermit zu keinem befriedigenden Ergebnis. Mit seinen Fingerplethysmographen untersuchte er den Puls Gesunder und Kranker, stellte fest, daß das „Plateau" bei Menschen mit jugendlichen und dehnbaren Arterien sehr schwach, bei solchen mit starrwandigen Arterien jedoch sehr deutlich ausgeprägt ist und veröffentlichte Sphygmogramme vorwiegend kreislaufkranker Personen, in denen die Hauptcharakteristika der verschiedenen Störungen zu erkennen sind. Er verglich auch seine

Ergebnisse mit denjenigen anderer unblutiger und auch blutiger Methoden.

Im wesentlichen sind hiermit die bisher veröffentlichten unblutigen Methoden zur Bestimmung des menschlichen Blutdrucks besprochen, und wir wenden uns jetzt der Darstellung der blutigen Methoden zu.

II. DIREKTE BLUTIGE METHODEN BEIM MENSCHEN.

Schon seit sehr langer Zeit ist es das Bestreben vieler Forscher gewesen, die unzähligen, in ihrer Zuverlässigkeit umstrittenen und zum Teil in ihren Ergebnissen sich widersprechenden unblutigen Methoden der Blutdruckbestimmung am Menschen durch direkte blutige Messungen zu kontrollieren. Am geeignetsten hierfür erschien es zunächst, in eröffnete Arterien Kanülen einzubinden, diese mit einem Manometer zu verbinden und so den Druck unmittelbar abzulesen. Wegen der großen Schädigungen, welche ein solches Vorgehen für die Versuchsperson bedeutete, wandte man solche Verfahren fast nur bei Patienten an, denen eine Gliedmaßenamputation bevorstand.

Als Erster band Faivre 1856 eine endständige Kanüle in die Femoralis oder Brachialis von Erwachsenen ein und setzte diese Kanüle mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung. Wegen der großen Trägheit des Manometers konnte er nur Mitteldrucke ablesen und erhielt Werte, die zwischen 110 und 130 mm Quecksilber lagen. Albert fand auf dieselbe Art in der Arteria tibialis Drucke von 100 bis 160 mm Quecksilber. Auch Vollhard beschäftigte sich mit solchen Versuchen. Dehon, Dubus und Heitz verglichen ihre blutig gefundenen Werte mit denen gleichzeitig nach Riva-Rocci und Pachon gemessenen. Bedeutend kritischer gingen Müller und Blauel 1907 an das Problem heran. Sie verwendeten abwechslungsweise ein Quecksilber- und ein Federmanometer, verglichen die so gemessenen Werte mit gleichzeitig auf unblutige Art nach Riva-Rocci mit schmaler und breiter Manschette bestimmten und konnten sich so ein Urteil über die Zuverlässigkeit der indirekten Methoden bilden. Sie fanden bisweilen Differenzen von fast 30%. Weitere Versuche dieser Art unternahmen Kuhe, Wiegand und Ziemsen. Merke und A. Müller erkannten, daß das Einbinden von endständigen Kanülen eine Entstellung des natürlichen Druckablaufs zur Folge habe. Deshalb banden sie T-förmige Durchströmungskanülen in die Gefäße ein, an deren Seitenrohr ein Federmanometer angeschlossen wurde. Darauf untersuchten sie den arteriellen Druck bei freiem Durchfluß des Blutes sowie bei Kompression der betreffenden Arterie unmittelbar peripher von der Kanüle und erhielten dadurch die Bestätigung für ihre Ansicht: Bei Stauung ergaben sich wesentlich höhere Druckwerte als bei offenem Gefäß.

Die großen Schwierigkeiten, die dem Einbinden von Kanülen in eröffnete Gefäße beim Menschen entgegen stehen, veranlaßten v. Bonsdorff und Wolff dazu, die weit einfachere und nach Angaben dieser Autoren völlig ungefährliche Methode der Arterienpunktion zur blutigen Druckmessung heranzuziehen, nachdem andere Forscher, wie Dameshek und Loman, Gotsch und Klein sich früher mit diesem Verfahren beschäftigt hatten, jedoch wegen völlig unzureichender Registriervorrichtungen nur ganz unbefriedigende Resultate erhalten hatten. V. Bonsdorff und Wolff gingen bei ihren Versuchen von dem Frank'schen Grundsatze aus, die Schwingungszahl des registrierenden Systems einschließlich der Kanüle möglichst hoch werden zu lassen. Sie waren daher gezwungen, möglichst weite und kurze Kanülen zu verwenden, um die wirksame Masse der in den Kanülen befindlichen Flüssigkeit auf ein Minimum zu reduzieren. Sie gebrauchten 3 cm lange Ainitkanülen mit einem lichten Durchmesser von 1—1,5 mm, die sie mittels eines Bleirohres mit einem Broemser'schen Glasplattenmanometer verbanden. Die Eigenschwingungszahl dieses Systems geben sie mit 66/sec an. Über die Methodik, die sie bei ihren Verfahren anwandten, berichten v. Bonsdorff und Wolff Folgendes: Vor jedem Versuch anästhesierten sie die Einstichstelle durch 2%ige, von Adrenalin freie Novocaïnlösung. Dann stachen sie die an einer mit physiologischer Kochsalzlsösung gefüllte Spritze befindliche Kanüle in die Arterie ein; sobald die Kanüle in die Arterie eingedrungen war, trat in die Spritze Blut ein. Jetzt wurde der an der Kanüle angebrachte Hahn geschlossen und dieselbe mit dem Manometer in Verbindung gesetzt, wobei selbstverständlich strengstens auf Vermeidung von Luftblasen zu achten war. Gleichzeitig wurde mittels eines auf die Brustwand gebundenen Gummiballons und einer Frank'schen Kapsel die Atmung registriert. Es stellte sich als zweckmäßig heraus, die Versuche am liegenden Menschen vorzunehmen, weil dadurch der Blutdruck geringeren Schwankungen ausgesetzt und die Kollapsgefahr vermindert war. Die Autoren achteten vor allem auf die respiratorischen Blutdrucksschwankungen und auf die Besonderheiten normaler und pathologischer Pulsbilder und nahmen vergleichende unblutige Messungen nach Korotkow und Plesch vor.

Kritische Übersicht.

Es soll nun noch versucht werden, die in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Methoden, die größtenteils ohne Stellungnahme zu ihrem tatsächlichen Wert aufgeführt wurden, einer Kritik hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit für die Blutdruckmessung zu unterziehen. Jedoch muß hier betont werden, daß es vor allem daß Verdienst O. Franks und seiner Schule ist, durch eine streng nach mathematischen und physikalischen Grundsätzen aufgebaute Theorie der Registrierinstrumente sowie eine Analyse der Kreislaufvorgänge die Voraussetzungen für eine solche Kritik ge-

schaffen zu haben. Wer in die Literatur über die Blutdruckmessung und die Kreislaufprobleme überhaupt nur einen Blick wirft, der erkennt sofort, welcher heillosen Verwirrung O. Frank durch seine Arbeiten ein Ende bereitet hat. War z. B. früher der alleinige Gradmesser für die Brauchbarkeit eines Manometers die autoritative Geltung seines Erfinders oder auch die Kompliziertheit seiner Konstruktion, so wurden nach Franks Grundsätzen für die Güte des Instrumentes allein diejenigen Konstanten maßgebend, aus denen sich die Empfindlichkeit, Eigenschwingungszahl und Dämpfung berechnen ließen.

Auf Grund dieser Theorie konstruierte Frank sein Federmanometer und Broemser sein Glasplattenmanometer, Instrumente, die sich bei großer Empfindlichkeit durch eine hohe Eigenschwingungszahl auszeichnen. Auch der Sphygmographie sind diese Fortschritte zu Gute gekommen. Allgemein bekannt sind heute der Frank-Petter'sche Sphygmograph und die Frank'sche Spiegelsegmentkapsel. Eine Modifikation der Letzteren ist die sogenannte Differentialkapsel, welche auf Grund des „Prinzips des entlasteten Druckes" die Manschettenoszillationen aufzuzeichnen vermag.

Wenden wir uns jetzt einer kurzgefaßten Kritik der einzelnen Verfahren zu, so sind besonders die Manschettenmethoden von Bedeutung und erwähnenswert. Der lange dauernde Streit, der um die optimale Breite der Manschette geherrscht hat, ist auch jetzt noch nicht zu einem eindeutigen Ende gelangt. Es wurde von verschiedenen Seiten hervorgehoben, daß bei Anwendung breiter Manschetten durchweg ein niedrigerer Maximaldruck gemessen würde als bei schmalen, da die Arterie unter der breiten Manschette auf ein längeres Stück komprimiert sei und die Pulswelle daher eher ausgelöscht würde. Vor allem Sahli, Fellner und Rudinger haben sich deswegen gegen die breite Manschette entschieden. Dagegen soll nach anderen Autoren die schmale Manschette infolge Weichteilverdrängung eine nur ungenügende Kompressionswirkung auf die in der Tiefe liegende Arterie ausüben, weshalb sie zu verwerfen sei. Eine endgültige Stellungnahme ist wohl heute noch nicht möglich, wenn auch die breite Manschette sich fast allgemein in Kliniken und wissenschaftlichen Instituten eingebürgert hat.

Als Kriterien für das Verschlossen- oder Offensein der Arterie wurden, wie früher beschrieben, eine Menge von Merkmalen angegeben, von denen wohl immer noch als das Sicherste der palpatorische beziehungsweise der sphygmographische Nachweis anzusehen ist, der entweder an der Arteria radialis oder, wie von Hensen gefordert, an der Arteria cubitalis durchgeführt wird. Ebenso wird der akustische Nachweis von Korotkow (Aufhören der Tonerscheinungen bei steigendem Manschettendruck) und die oszillographische Methode (Kleinerwerden der Oszillationen bei steigendem Druck) als Kriterium benutzt. Doch ist häufig zu beobachten, daß der Übergang zwischen kleinen und großen Oszillationen keine genaue Bestimmung des Maximaldrucks zuläßt, da er nur allmählich erfolgt.

Den Einfluß der Arterienwandspannung auf die Fehlergröße der Blutdruckmessung, ein ebenfalls lange umstrittenes Problem, hält Frank für unbedeutend oder höchstens bei sclerotischen Gefäßen für ins Gewicht fallend. Normalerweise dürfte er wohl den gemessenen Blutdruck nur um einige Millimeter Quecksilber zu hoch erscheinen lassen.

Weiter war lange ein Objekt der Diskussionen die kinetische Energie der an die Verschlußstelle anprallenden Blutwelle, von der man ebenfalls glaubte, daß sie den gemessenen Blutdruckwert gegenüber dem wirklichen, ohne Kompression vorhandenen, überhöhe. Die Bedenken haben sicherlich ihre Richtigkeit, woraus zu folgern ist, daß die Fälschung bei denjenigen Fällen besonders groß sein muß, bei denen eine hohe Strömungsgeschwindigkeit vorhanden ist. Diese Folgerung steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen verschiedener Autoren, die vergleichende blutige und unblutige Messungen an der gleichen Person vornahmen und z. B. bei Fällen von Aorteninsuffizienz den unblutig gemessenen Maximaldruck gegenüber dem blutig bestimmten besonders stark erhöht fanden.

Zur Bestimmung des diastolischen Druckes sind wohl heute allgemein der oszillographische Nachweis (Übergang von großen zu kleinen Oszillationen bei sinkendem Manschettendruck) und das akustische Kriterium im Gebrauch. Beide Merkmale geben meistens hinreichend deutliche Anhaltspunkte für den Minimaldruck da sowohl die Änderung der Oszillationsgröße als auch die untere Grenze der Tonwahrnehmungen plötzlich einzutreten pflegen.

Eine nicht geringe Bedeutung für die Bestimmung des diastolischen Druckes haben die von Frank und Wezler beschriebenen charakteristischen Einzelheiten im Cubitalissphygmogramm gewonnen, die deswegen in den Manschettenpulsen nicht zu sehen sind, weil die Druckschwankungen in der Manschette einem Integral aller zu der betreffenden Zeit in dem unter der Manschette liegenden Arterienstück ablaufenden Vorgänge entsprechen. Frank und Wezler wiesen nach, daß die im Sphygmogramm festzustellenden raschen Schwingungen genau bei denselben Manschettendrucken vorhanden sind, bei denen auch die Schallerscheinungen nach Korotkow beobachtet werden. Die Sphygmographie stellt hier also eine Objektivierung des akustischen Kriteriums dar. Der erste Puls, der bei sinkendem Manschettendruck fortgeleitet wird, ruft nach Frank und Wezler im Cubitalissphygmogramm eine kleine Kuppe hervor, auf die Geräusche aufgesetzt sind. Bei weiter sinkendem Manschettendruck werden die pulsatorischen Erhebungen größer und die Schwingungen, hauptsächlich am Anfang jedes Pulses, stärker. Besonders in die Augen fallend ist die negative Zacke, die bei jedem Pulsbeginn auftritt, bei abnehmendem Manschettendruck größer wird und in der Gegend des diastolischen Drucks nach vorhergehender Verkleinerung wieder verschwindet. Daß bei der auskultatorischen beziehungsweise sphygmographischen Maximaldruckbestimmung durch Wellenreflexion am zentralen Ende der Manschette eine

Drucküberhöhung auftritt, wird auch von Frank und Wezler hervorgehoben.

Weiterhin erfordern von den unblutigen Verfahren, die der sogenannten „absoluten Sphygmogramme" noch eine Besprechung. Wie v. Bonsdorff schrieb, scheitern Versuche dieser Art meistens von vorneherein an einem zu niedrigen Volumelastizitätsmodul des plethysmographischen Systems, einem Fehler, den er besonders dem Apparat von Hürthle vorwirft, jedoch selbst auch in einigen Fällen nicht vermeiden konnte. Gerade für zentral gelegene Arterien, bei denen die unblutige Aufzeichnung geeichter Druckkurven besonders interessant wäre, ist die Methode wegen Ausweichens der Weichteile unanwendbar. Nach v. Bonsdorff ist sie nur an den Fingern durchzuführen. Aber selbst wenn, wie v. Bonsdorff versichert, bei praktisch absolut starrem System der Modul der Arterienwand unveränderlich und möglichst gleich Null wird, so müssen wir doch bedenken, daß genau wie bei den Manschettenpulsen nur das Integral sämtlicher in dem System stattfindender Einzelvorgänge und nicht etwa der arterielle Druckablauf an einer bestimmten Stelle registriert werden kann. Ferner stelle man sich vor, wie groß die wirksame Masse der in dem verengten Arterienrohr enthaltenen Flüssigkeit ist. Da diese mit zu dem registrierenden System gehört, ergibt sich im Ganzen ein Registrierinstrument von sehr geringem Auflösungsvermögen. Überdies dürfte wohl die Kenntnis des Druckablaufs in den Fingerarterien weder in normalen noch pathologischen Fällen von großem Interesse sein.

Von besonderer Bedeutung sind dagegen die blutigen Methoden der Druckmessung, weil sich mit ihnen, falls sie richtig angewandt werden, die tatsächlichen Blutdruckwerte sowohl in ihrer absoluten Höhe als auch in ihrem zeitlichen Verlauf direkt bestimmen lassen und dadurch eine Kontrolle der unblutigen Methoden ermöglichen. Voraussetzung für eine naturgetreue Aufzeichnung des Blutdrucks ist auch hier wieder die Erfüllung der Frank'schen Forderung nach einer hinreichenden Güte des registrierenden Instrumentes. Deshalb müssen von vorneherein diejenigen Versuche als maßgebend ausscheiden, bei denen mit ungenügenden Manometern, zum Teil sogar mit Quecksilbermanometern, der Blutdruck wiedergegeben werden sollte oder bei denen elastische Verbindungen der einzelnen Systemteile angewandt wurden. Hier konnte höchstens ein mittlerer Wert, jedoch niemals Maximal- und Minimaldruck oder sogar feinere Einzelheiten registriert werden. Außerdem ist bei Anwendung endständiger Kanülen zu beachten, daß das zugehörige Arterienstück bis hinauf zu seiner Abzweigung aus dem nächst größeren Gefäß zu dem Registriersystem dazuzurechnen ist und daher dessen wirksame Masse vermehrt. Daher wurden, wie früher beschrieben, auch T-förmige Durchströmungskanülen angewandt.

Die von Wolff und v. Bonsdorff durchgeführte Arterienpunktion stellt theoretisch eine Seitendruckregistrierung dar, wenn die in die Arterie eingeführte Kanüle das Lumen nicht verschließt. Zum regi-

strierenden System gehören dann nur die Teile des Apparates und nicht etwa noch ein Stück des Arterienrohres, weshalb die von den Autoren angegebene Eigenschwingungszahl das System von 66 sec. wohl richtig ist. Sie ist ausreichend, um alle Einzelheiten des peripheren Pulses wiederzugeben. Jedoch dürfte es selbst einem geübten Experimentator nicht immer gelingen, die Kanüle so in die Arterie einzuführen, daß sie gerade eben die Wand durchstößt und das Lumen nicht verschließt. Bei zu tiefem Sitz der Kanüle wandelt sich sofort die angestrebte Seitendruckregistrierung in eine endständige mit allen ihren Nachteilen um.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es bis jetzt eine Methode, den Blutdruck absolut sicher und zuverlässig auf unblutige Weise zu bestimmen, nicht gibt. Insbesondere gibt es keine Verfahren zur genaueren Messung des zentralen Druckes. Auch die blutigen Messungen, soweit man sie am Menschen durchführen kann, müssen sich auf verhältnismäßig peripher gelegene Gefäße beschränken. Trotzdem ist ein Teil der entwickelten Methoden für Theorie und Praxis von großem Wert und nicht zu entbehren, da er entweder näherungsweise den Druck zu messen gestattet oder auch dem Kliniker Vergleichszahlen an die Hand gibt, mit denen dieser wichtige Schlüsse auf den Zustand des Kreislaufes ziehen kann.

Am Schlusse meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Professor Dr. Ph. Broemser für die Überlassung des Themas und Übernahme des Referates, sowie Herrn Dr. Wetterer für die freundliche Förderung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

LITERATUR

1. v. Basch, S.: Z. klin. Med. 2 79 (1880).
2. v. Benczúr: Dtsch. med. Woschr. 1910 1, 1030.
3. Bickel: Z. exper. Path. u. Ther. 5, 544 (1909).
4. Bing: Berl. klin. Woschr. 1906, II, 1650.
5. Bing: Ibid. 1907, 1, 690.
6. Bingel: Münch. med. Woschr. 1906, 1, 1246.
7. Bloch: C. r. Soc. Biol. Paris 1888, 84; 1889, 456; 1896, 754.
8. v. Bondorff, B. u. C. E.: Ráihä: Skand. Arch. Physiol. 48, 234. (1926).
9. v. Bonsdorff B. u. Wolff H. J.: Z. exper. Med. 79, 569 (1931).
10. v. Bonsdorff B.: Akad. Abhandlg. Helsingfors 1932.
11. Dehon, Dubus u. Heitz: C. r. Soc. Biol. Paris 64, 789 (1912).
12. Ehret: Münch. med. Woschr. 1909, 1, 606.
13. Erlanger: Amer. J. Physiol. 6, XXII (1901).
14. — Ibid. 10, XIV (1904).
15. — Ibid. 21, XXIV (1908).
16. — Ibid. 55. 84. (1921).
17. — Hopkings Hosp. Rep. 12, 53 (1904)). Zit. nach H. Straub.
18. Faivre: Gaz. méd. Paris 1856, 727. Zit. nach Hensen.
19. Frank, O.: Münch. med. Woschr. 1903. II. 1809.
20. Frank: Hämodynamik in R. Tigerstedt: Hb. physiol. Method. II, 4. Leipzig 1911.
21. Frank, O. u. Wezler: Z. Biol. Band 91.
22. v. Frey, M.: Die Untersuchung des Pulses, Berlin 1892.
23. Galeotti, G.: Rif. med. 36, 581 (1920). Zit. nach Kongreßzbl. inn. Med. 14, 202 (1920).
24. Gallaverdin: Presse méd. 1922, 776.
25. Gärtner: Wien med. Woschr. 1899, 1412.
26. — Münch. med. Woschr. 1900, 1195.
27. — Ibid. 1904, 505 u. 567.
28. Gibson, P. C.: Lancet 1927, 1012.
29. Hales, Stephan: Statical essays concerning haemodynamics 1733. Zit. nach R. Tigerstedt.
30. Hallion u. Comte: Interméd. bill. et méd. 1899, 302. Zit. nach H. Straub.
31. Hensen, H. D.: Dtsch. Arch. klni. Med. 67, 436 (1900).
32. Hill, L. u. Barnard: I of Physiol. 23, IV (1898).
33. — Brit. med. J. 1897, 904.
34. Hoorweg: Pflügers Arch. 46, 166 (1889).
35. Hürthle, K.: Dtsch. med. Woschr. 1896, 574.
36. Janeway: New York Bull. of med. Sci. 1901 Nr. 3. Zit. nach Masing.
37. Jürgensen: Dtsch. Arch. klin. Med. 132, 204 (1920).
38. Kleinknecht, F.: Münch. med. Woschr. 1922, I. 592.
39. Korotkow: Ber. militärärztl. Akad. St. Petersburg 1905, 5. Zit. nach Janowski.
40. v. Koziczkowsky: Berl. klin. Woschr. 1907, 369.
41. Kuhe-Wiegandt: Arch. für exper. Path. 20, 126 (1886).
42. Laubry und van Bogaert: Ann. Méd. 29, 5 (1931). Zit. nach Kongreßzbl. inn. Med. 61, 237 (1931).
43. Lombard: Amer. J. Physiol. 29, 335 (1912).
44. Marey: Trav. Labor. Microbiol. Fac. Pharmacie Nancy 2, 307 (1876). Zit. nach O. Frank.
45. — Ibid./. 4, 253 (1880). Zit. nach O. Frank.

46. Marey: La circulation du sang, Paris 1881.
47. Masing: Dtsch. Arch. klin. Med. 74, 253 (1902); 75, 493 (1903).
48. Merke F. u. A. Müller: Z. exper. Med. 46, 332 (1925).
49. Mudd, S. G. und P. D. White: Arch. int. Med. 41, 249 (1928).
50. Müller, Aloys: Z. exper. Med. 67, 698 (1929).
51. Müller: Ibid. 71, 1 (1930).
52. Müller, O. und Blauel: Dtsch. klin. Med. 91, 517 (1907).
53. Oliver: J. of Physiol. 22,, li, (1898). — Ibid. 32, LXIX, (1905).
54. Pachon, V.: C. r. Soc. Biol. Paris 1909, 955.
55. Pal: Zbl. inn. Med. 1906, 121.
56. Plesch, J.: Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 1929, S. 400.
57. Plesch: Z. exper. Med. 69, 255 (1930).
58. — Ibid. 76, 34 (1931).
59. — Abderhaldens Hb. biol. Arb. meth. V, 8, S. 773 Berlin und Wien 1931.
60. — Med. Klin. 1931 II, 1557.
61. Potain: Arch. de Physiol. Ser. 5, 1, 556 (1889); 2, 300 (1890).
62. v. Recklinghausen, H.: Arch. exper. Pathol. 46, 78 (1901).
63. v. Recklinghausen: Ibid. 55, 375 (1906).
64. — Neue Wege der Blutdruckmessung, Berlin 1931.
65. Riva-Rocci: Gaz. med. di Torino 1896, Nr. 50 u. 51; 1897, Nr. 9 u. 10. Zit. nach O. Frank.
66. Rusznyák, S. und S. von Gönczy: Klin. Woschr. 1924 II, 1813.
67. Sahli, H.: Dtsch. Arch. klin. Med. 81, 493 (1904).
68. Sahli: Wien. Arch. inn. Med. 6, 515 (1923).
69. — Sahli: Erg. inn. Med. 24, 73 (1923).
70. Solér, L.: Berl. klin. Woschr. 1921 I, 484.
71. Staehelin, R. u. A. Müller: Z. exper. Med. 46, 263 (1925).
72. Strasburger: Z. klin. Med. 54, 373 (1904).
73. Vierordt: Die Lehre vom Arterienpuls, Berlin 1855. Zit, n. v. Basch.
74. Volhard: Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 1909, S. 200.

LEBENSLAUF.

Am 25. März 1911 wurde ich, Helene Roeloffs als Tochter des Bürgermeisters Felix Roeloffs zu Hau bei Cleve im Rhl. geboren. Meine erste Schulausbildung erhielt ich auf dem Lyzeum zu Cleve. Von U III ab besuchte ich die Realgymnasiale Studienanstalt zu Neuß. Im Jahre 1930 bestand ich hier die Reifeprüfung. Darauf studierte ich Medizin an den Universitäten Freiburg und Rostock, wo ich im Herbst 1932 die ärztliche Vorprüfung bestand. Die klinischen Semester erledigte ich an den Universitäten München und Berlin. Im Dezember 1935 bestand ich in München die ärztliche Staatsprüfung und bin zur Zeit Medizinalpraktikantin an der I. med. Abteilung des Münchener Krankenhauses links der Isar.

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Mai 1936.